

高頻度取引が市場に与える影響の分析

Analysis of high-frequency-trading on the money market

鎌倉 弘毅
KAMAKURA Hiroki

倉橋 節也
KURAHASHI Setsuya

筑波大学ビジネス科学研究科経営システム科学専攻
Graduate School of Business Sciences, University of Tsukuba

Recent years, High-Frequency-Trading (HFT) has drawn increasing attention. Nevertheless, it has been not clear what HFT is and what impact HFT has on money market yet. The pros and cons are batted back and forth in market researchers. In this paper we construct a model that is based on Mizuta's model and then we analyse whether HFT have a big impact on money market or not. In such a case, a simulation analysis is extremely effective to pick up important effects in many factors paid attention by the analyst in which various factors are complicated. The former says HFT provides liquidity to the money market, while the latter says HFT impedes healthy price formation, because it is difficult to gather actual data of HFT.

1. 初めに

HFT による取引が増加している[保坂 2014]一方、HFT に対する研究や分析は多くはなく、HFT が市場に与える影響についてははっきりとは定まっていないのが現状である。

当該研究においては、HFT が持つ特性の中から「高速で取引を行う」と、「ポジションをフラットに保ちリスクを保有しない」という 2 つの特性[IOSCO 2011]に着目し、これら 2 つの特性により HFT が市場の安定性を毀損していることを、HFT がその発生に(直接的ではないが)関係していると言われている[CFTC 2010]フラッシュクラッシュをシミュレーションすることで明らかにすることを目的としている。

2. 高頻度取引に関する先行研究

HFT は実態が明らかにされておらず IOSCO[IOSCO 2011]においても HFT を定義することは難しく、HFT の定義に関して単一の合意はないとしているがいくつかの共通する特徴が挙げられている。

- 洗練された取引ツールで、多様な取引戦略を駆使する。
- 高度な定量的ツールを使用する。
- ポートフォリオ回転率やキャンセル率が高い。
- リスクを持ち越さない。
- 殆どが自己勘定で行う。
- 他の参加者よりも高速で取引することが収益源となる。

また、HFT に関するリスクとしては、市場の効率性に対するリスクや市場の公平性と誠実性に対するリスク、市場の弾力性および安定性に対するリスクが懸念されている。

水田は、Chiarella[Chiarella 2002][Chiarella 2009]の作成したモデルをベースに、人工市場モデルを構築している[水田 2012][水田 2014]。

エージェントは 1 種類のみで、以下の通りに売買行動を行う。まず、式(1)に従い、 t 時点でのエージェント毎の予想リターン $r_{e,i}^t$ を計算する。

次に、式(2)に従い、 t 時点でのエージェント毎の予想価格 $P_{e,i}^t$ を計算する。

次に注文価格 $P_{o,i}^t$ を $P_{e,i}^t - P_d$ から $P_{e,i}^t + P_d$ までの一様乱数で決める (P_d は定数とする)。

最後に、予想価格 $P_{e,i}^t$ よりも注文価格 $P_{o,i}^t$ が高ければ 1 単位の買い、低ければ 1 単位の売りとする。

$$r_{e,i}^t = \frac{1}{\omega_{1,i} + \omega_{2,i} + \omega_{3,i}} (\omega_{1,i} \log \frac{P_f^t}{P^t} + \omega_{2,i} r_{h,i}^t + \omega_{3,i} \epsilon_i^t) \quad (1)$$

$$P_{e,i}^t = P^t \exp(r_{e,i}^t) \quad (2)$$

$\omega_{1,i}$, $\omega_{2,i}$, $\omega_{3,i}$ はエージェント毎に与えられる、パラメータの重みであり、シミュレーション開始時に一様乱数で与えられ、シミュレーション中は値が固定される。

P_f^t はファンダメンタル価格である。 $r_{h,i}^t$ は時刻 t 時点でのエージェント i の過去リターンであり $r_{h,i}^t = \log(P^t / P^{t-\tau})$ と表される。 τ_i はエージェント毎にシミュレーション開始時に一様乱数で与えられ、シミュレーション中は値が固定される。 ϵ_i^t は時刻 t 時点でのエージェント i の乱数項であり、平均 0、標準偏差 σ の正規分布乱数である(標準偏差 σ は全てのエージェントが共有し、シミュレーション中は固定される)。

また水田の研究[水田 2012][水田 2014]ではモデルの妥当性を評価するために、以下 3 点について検討されるべきだと述べられている。

- 現実のマクロ現象である市場価格の統計的性質を再現

- エージェントが現実の投資家像と整合
- 調査目的に応じた適切な複雑さ

「統計的性質を再現」においては、市場において安定的に観測される統計的性質として、ファット・テールとボラティリティクラスタリングを挙げており、ファット・テールに関しては、価格の騰落率の尖度が有意に正であること、ボラティリティクラスタリングに関しては、価格の騰落率の二乗の自己相関が有意に正であることを指している。

3. 高頻度取引市場モデルの提案と検証

水田の研究[水田 2012][水田 2014]において使用された人工市場モデルをベースにモデルを4つ構築した。モデル1は水田のモデルに latency を導入し、一般エージェントと HFT エージェントを latency の違いにより分類している。また、取引を行う際は、すべてのエージェントの中から取引するエージェントをランダムに選ぶこととしている。

当該モデルにおいて $t=0$ から $t=180,000$ までを1回のシミュレーションとしてシミュレーションを120回行った。なお、価格は t が600経過するごとの値を用いている。

モデル2はモデル1に常に売却を行うエージェントを追加したモデルであり、モデル3はモデル1の HFT エージェントに各エージェントのロングポジションとショートポジションが一定程度(閾値)乖離した場合に、そのポジションの乖離を解消するよう、一括で発注を出す特性を付与したモデルであり、モデル4はモデル1に売却を行うエージェントを追加し、HFT エージェントにポジションをフラットに保つ特性を付与したモデルである。

妥当性を検証するため、1回のシミュレーションごとに尖度を算出して、モデルごとに120回のシミュレーションの結果を平均したところ、全てのモデルで尖度が0より大きいことが示された。

同様にシミュレーションごとに価格の騰落率の2乗を計算し、120回のシミュレーションの平均を用いて Ljung-Box 検定を行ったところ、全てのモデルにおいて有意水準1%で帰無仮説(系列は自己相関を持たない)が棄却された

4. 結果と考察

まず、価格変動が大きくなったかを検証するため、2つの基準を導入した。1つは価格の騰落率の標準偏差であり、もう1つは、モデル毎のシミュレーション120回のうち、何回フラッシュクラッシュと同等の価格下落(1単位時間経過した際の価格下落が10%以上)が発生しているかを記録した。

モデル4(売却数量100、閾値1,000)とモデル2(売却数量100、閾値設定せず)を比較した結果、騰落率の標準偏差を用いてウェルチの t 検定を行った結果、平均値が有意に上昇していることがわかった。(表1)

表1 シミュレーション結果(売却数量100、閾値1,000)

	標準偏差の平均値	価格下落の回数
モデル2	4.49E-02	59
モデル4	9.89E-02	120

また、モデル4(売却数量100、閾値1,000)で、latency を変更してシミュレーションを行った結果、latency が40から70の間で騰落率の標準偏差が極端に小さくなることがわかった。(表2)

表2 シミュレーション結果(売却数量100、閾値1,000、latency 変動)

latency	標準偏差の平均値	価格下落の回数
1	9.89E-02	120
10	8.98E-02	115
20	8.48E-02	113
30	7.30E-02	109
40	6.60E-02	99
50	4.44E-02	67
60	2.78E-02	42
70	7.67E-03	5
80	2.89E-03	0
90	2.04E-03	0
100	1.63E-03	0
1,000	6.95E-04	0
10,000	6.56E-04	0

以上のことから、閾値の設定および小さい latency により市場の安定性が毀損されることが明らかとなった。

5. 今後の展開

当該研究におけるシミュレーションでは、問題を単純化するために、HFT エージェントが持ついくつかの特性をあえて取り込んでいない。その最たるものが、HFT エージェントの価格決定にあると思われる。当該シミュレーションでは、一般エージェントと HFT エージェントの価格決定式は同じものを採用しているが、IOSCO[IOSCO 2011]でも述べられているように、実際の HFT エージェントは多様な戦略を持っており、その中には一般のエージェントと全く違うものも含まれていることが想定される。

また、今回のシミュレーションでは価格の推移が他のマクロデータ(ファンダメンタル価格等)に影響を与え、その影響により価格がさらに変化するという現実世界で起こっているマイクロマクロループ[和泉 2012]については考慮していない。今回のシミュレーションで価格推移に影響を与えるのは将来の予想価格に対してだけであり、その他のパラメータには何ら影響を与えていない。このように、今回のシミュレーションと現実世界にはまだある程度の差異があるため、今後はその差異を小さくしていく必要があると考えている。

参考文献

- [Chiarella 2002] Carl Chiarella, Giulia Iori, : A simulation analysis of the microstructure of double auction, Quantitative Finance, Vol. 2, pp. 346-352, 2002.
- [Chiarella 2009] Carl Chiarella, Giulia Iori, Josep Perello. : The impact of heterogeneous trading rules on the limit order book and order flows, Journal of Economic Dynamics & Control, Vol. 33, pp. 525-537, 2009.
- [CFTC 2010] CFTC, SEC, : FINDINGS REGARDING THE MARKET EVENTS OF MAY 6, 2010. REPORT OF THE STAFFS OF THE CFTC AND SEC TO THE JOINT

ADVISORY COMMITTEE ON EMERGING
REGULATORY ISSUES, 2010

- [保坂 2014] 保坂 豪, : 東京証券取引所における High-Frequency Trading の分析, JPX ワーキング・ペーパー, 2014
- [IOSCO 2011] IOSCO, : Regulatory Issues Raised by the Impact of Technological Changes on Market Integrity and Efficiency, Consultation Report, 2011
- [和泉 2012] 和泉 潔, : 可能世界ブラウザ: マッシブデータ解析とエージェントシミュレーション, 第 26 回人工知能学会全国大会論文集人工知能学会, 2012.
- [水田 2012] 水田 孝信, 八木 勲, 和泉 潔, : 現実の価格決定メカニズムを考慮した人工市場の設定評価手法の開発, 人工知能論文誌, Vol. 27, No. 6, 2012.
- [水田 2014] 水田 孝信, 和泉 潔, : 人工市場シミュレーションを用いた金融市場の規制・制度の分析, 博士論文, 2014